

Beschreibung

Verfahren und Anordnung zum Routing von Datenpaketen in einem paketvermittelnden Datennetz

5

Die Erfindung betrifft Verfahren nach den Oberbegriffen der Ansprüche 1, 4 und 7 und einen Netzknoten nach dem Oberbegriff des Anspruchs 18.

- 10 Zum Routing bzw. zur Leitweglenkung bzw. zur Übertragung von Datenpaketen mit einer Zieladresse, wie beispielsweise Internet Protocol Pakete, kurz IP-Pakete, oder Protokoll Data Units, kurz PDUs, von einem Sender zu einem Empfänger in einem mehrere Netzknoten, wie beispielsweise Router, Switches
15 oder Gateways, aufweisenden paketvermittelnden Datennetz, wie beispielsweise Internet Protocol Netze, kurz IP-Netze, oder Open System Interconnect Netze, kurz OSI-Netze, werden verschiedene Routingverfahren eingesetzt. Das Routing bestimmt, auf welchem Weg die Datenpakete vom Sender zum Empfänger ge-
20 langen.

Bekannte Routingverfahren sind das statische, halbdynamische oder dynamische Routing, die unter anderem durch Protokolle wie RIP (Routing Information Protocol), OSPF (Open Shortest
25 Path First) oder EIGRP (Enhanced Interior Gateway Routing Protocol) für IP-Netze oder dem IS-IS Routing nach ISO 10589 für OSI-Netze verwirklicht werden.

Bei diesen Protokollen werden die Datenpakete meist über den
30 kürzesten oder effektivsten Weg vom Sender zum Empfänger übertragen. Alternativwege werden dabei nur im Fehlerfall berechnet bzw. ermittelt und verwendet.

Um eine höhere Ausfallsicherheit bei der Übertragung von Datenpaketen zu erreichen, wird das sogenannte Multipath Routing bzw. Mehrwege Weiterleitung verwendet. Dabei werden auf-
35 einanderfolgende Pakete oder Gruppen von Paketen, sogenannte

2

Flows, entsprechend einer festgelegten Verkehrsverteilung, die durch jeweils vergebene Verkehrsverteilungsgewichte bestimmt wird, über verschiedene bzw. mehrere Wege vom Sender zum Empfänger übertragen.

5

Die Verkehrsverteilungsgewichte legen die Verkehrsbelastung pro Weg für eine Zieladresse fest. Das Verkehrsverteilungsgewicht ist üblicherweise ein Wert zwischen 0 und 1, wobei 0 für keinen Verkehr und 1 für maximalen Verkehr auf einer Verbindung bzw. einem Weg steht. Ein Verkehrsverteilungsgewicht von 1 bedeutet, dass alle Pakete über diesen Weg gesendet werden. Beim Multipath Routing, bei dem mehrere Wege zur Verfügung stehen, wird der Verkehr anhand der Gewichte aufgeteilt. Die Summe der Verkehrsverteilungsgewichte zu einem Ziel in einem Knoten ergibt dementsprechend 1, d.h. 100% des Verkehrs. Auch andere Wertesysteme können für die Verkehrsverteilung verwendet werden, beispielsweise Prozentangaben zwischen 0% und 100%.

20 Dies soll an einem Beispiel verdeutlicht werden. Besitzt ein Netzknoten bzw. ein Router beispielsweise drei Wege zu einem Ziel, so kann der Verkehr über alle drei Wege gleichmäßig aufgeteilt werden. Jeder Weg würde dann ein Verkehrsverteilungsgewicht von etwa 0,33 erhalten. Damit würde je ein Drittel aller Pakete oder Flows über jeweils einen Weg gesendet werden. Auch andere Verteilungen sind möglich, beispielsweise 0,5 für den ersten, 0,3 für den zweiten und 0,2 für den dritten Weg. Mit dieser Verteilung werden 50% der Pakete über den ersten Weg, d.h. jedes zweite Paket wird über diesen Weg weitergeleitet, 30% der Pakete über den zweiten Weg und 20% der Pakete über den dritten Weg gesendet. Die Verteilung kann je nach gewünschtem Verkehrsfluss, nach Auslastung der Verbindungen, Entfernungen pro Link, Anzahl der Knoten zum Ziel oder nach anderen Kriterien festgelegt werden.

35

Multipath bzw. Mehrwege Routing heißt, dass in den Netzknoten mehr als einer und somit zumindest ein Alternativweg zum Ziel

3

zur Verfügung steht, damit eine schnelle lokale Reaktion auf Linkausfälle möglich ist. Dazu muss sichergestellt werden, dass a) tatsächlich mehr als ein Weg zum Ziel zur Verfügung steht und b) die Verkettung der Mehrfachwege zwischen den

5 Netzknoten und über mehrere Netzknoten hinweg nicht zu Schleifen führt. Routing-Schleifen führen zum Kreisen von Paketen im Netz. Kreisende Pakete erhöhen die Belastung der Links und Netzknoten im Datennetz, verringern damit auch die Transportkapazität des Netzes und führen zu erheblichen unnötigen

10 Paketverzögerungen oder zu Paketverlusten.

Die Bedingungen a) und b) sind insoweit gegenläufig, als die Vermeidung von Routing-Schleifen häufig zu einer Einschränkung der zu einem Ziel hin möglichen und nutzbaren Multipath

15 Wege bzw. Pfade führt.

Dies soll durch ein Beispiel verdeutlicht werden. Figur 1 zeigt eine Anordnung eines Teiles eines paketvermittelnden Datennetzes, beispielsweise ein Internet Protokoll (IP) Netz,

20 bestehend aus drei Netzknoten R1, R2, R3, wie Router, Switches, Gateways oder anderen gleichartigen Schalteinrichtungen, die jeweils über Verbindungen bzw. Links L12, L13, L32 miteinander verbunden sind. Die Netzknoten R1 und R3 haben Verbindungen zu einem nicht dargestellten Teil des Datennetzes,

25 über die sie Datenpakete erhalten. Diese Datenpakete sind für ein Ziel D bzw. für einen zugehörigen Zielknoten bestimmt, der am Netzknoten R2 angeschlossen ist und nur über diesen erreicht werden kann.

30 Vom Netzknoten R1 empfangene Datenpakete für das Ziel D werden über die Verbindung L12 zum Netzknoten R2 gesendet und an das Ziel D weitergeleitet. Ebenso werden vom Netzknoten R3 empfangene Datenpakete für das Ziel D über die Verbindung L32 zum Netzknoten R2 gesendet und an das Ziel D weitergeleitet.

35

Im weiteren werden Pakete betrachtet, die über den Netzknoten bzw. Router R1 und die Verbindung L12 zum Netzknoten bzw.

Router R2 gesendet werden, um vom Netzknoten R2 zu ihrem Ziel D weitergeleitet zu werden. Dabei ist es unerheblich, ob es für diese Pakete außer dem Weg über den Netzknoten R1 auch andere Wege durch das betrachtete Netz gegeben hätte. In dem Moment, da ein Paket beim Netzknoten R1 angekommen ist und an den Netzknoten R2 weitergeleitet werden soll, tritt folgendes Problem auf: Bei normalem, sogenannten Shortest-Path-Routing würde der Netzknoten R1 Pakete zum Netzknoten R2 immer über die Verbindung L12 und der Netzknoten R3 Pakete zum Netzknoten R2 immer über die Verbindung L32 weiterleiten. Die Routing-Tabellen bezüglich der Weiterleitung von Paketen, welche die Zieladresse D tragen, wären also:

In Knoten R1:

Ziel	Nächster Knoten
D	R2

15

In Knoten R3:

Ziel	Nächster Knoten
D	R2

20

25

30

Um den jeweiligen Knoten eine schnelle lokale Reaktion auf Linkausfälle zu ermöglichen, würden sich beim Multipath Routing bzw. bei der Mehrwege-Weiterleitung die folgenden Alternativwege anbieten: Der Netzknoten R1 könnte Pakete zum Netzknoten R2 zunächst auch über die Verbindung L13 zum Netzknoten R3 weiterleiten, wenn sie von dort über die Verbindung L32 zum Netzknoten R2 weitergegeben werden. Ebenso könnte der Netzknoten R3 Pakete zum Netzknoten R2 über die Verbindung L13 an den Netzknoten R1 weiterleiten, wenn sie von dort über die Verbindung L12 zum Netzknoten R2 weitergegeben werden. Die Routing-Tabellen wären dann, einschließlich der Verkehrsverteilungsgewichte p_1 und p_3 , für die Alternativwege:

In Knoten R1:

Ziel	Nächster Knoten	Gewicht
D	R2	$1-p_1$

5		
D	R3	p_1

In Knoten R3:

Ziel	Nächster Knoten	Gewicht
D	R2	$1-p_3$
D	R1	p_3

Würden bei rein zielbasierter Weiterleitungsentscheidung diese Routing-Tabellen verwendet, dann stellte sich mit der Wahrscheinlichkeit $p_1 p_3$ der Fall ein, dass beispielsweise ein Paket vom Netzknoten R1 auf dem Weg zum Netzknoten R2 erst über die Verbindung L13 zum Netzknoten R3 und anschließend wieder vom Netzknoten R3 über die Verbindung L13 zum Netzknoten R1 weitergeleitet würde. Mit der Wahrscheinlichkeit $(p_1 p_3)^2$ würde dies einem Paket zweimal hintereinander passieren. Die Wahrscheinlichkeit für ein n-maliges Hin- und Herschicken eines Paketes wäre $(p_1 p_3)^n$. Somit wäre die Weiterleitung von Paketen vom Netzknoten R1 nach Netzknoten R2 nicht schleifenfrei realisiert.

Bei den beiden derzeit verfügbaren Multipath Routing Mechanismen Equal Cost Multipath, kurz ECMP, beim OSPF Protokoll und Unequal Cost Multipath Routing, kurz UCMR, beim EIGRP Protokoll von CISCO ist die Auswahl der Alternativwege zu einem Ziel dadurch stark eingeschränkt, dass trotz rein zielbasierter Weiterleitung der Pakete Schleifen immer vermieden werden müssen. Bei den Mechanismen ECMP bzw. UCMR sind im Beispiel von Figur 1 die Alternativwege von Netzknoten R1 nach Netzknoten R2 über Netzknoten R3 und von Netzknoten R3 nach Netzknoten R2 über Netzknoten R1 nicht erlaubt bzw. die Verbindung L13 darf nicht verwendet werden.

Ein Verfahren, das im oben beschriebenen Fall die Verwendung von Ersatzwegen ermöglicht, ist das Multiprotocol Label Switching, kurz MPLS. Hierbei müssen allerdings netzweit Zustände gehalten werden, welche die Pfade bzw. Routen definieren, auf denen Pakete durch Umgehen des IP-Routings durch das Netz ge-

leitet werden sollen. Die Netzknoten leiten Pakete hierbei nicht mehr anhand der Ziel-IP-Adressen weiter, sondern es wird jedem Paket am Netzeingang eine Bitfolge vorangesetzt, ein sogenanntes Label, das dann in jedem Netzknoten ausgewertet wird. Der Zusammenhang zwischen Label und Pfaden muss bei der Inbetriebnahme des Netzes hergestellt werden. Jedes Paket muss am Netzeingang mit einem Label versehen werden und das Label muss am Netzausgang wieder entfernt werden. Außerdem werden lokal zusätzliche Mechanismen benötigt, um Pakete auf einen Ersatzpfad umzulenken, wenn der ursprünglich vorgesehene Pfad ausfällt.

Die der Erfindung zugrunde liegende Aufgabe besteht nun darin, ein Verfahren und eine Anordnung zum Routing, insbesondere Multipath Routing, von Datenpaketen in einem paketvermittelnden Datennetz in der Weise zu verbessern, dass für die Übertragung im Bedarfsfall Ersatzwege unter weitgehender Vermeidung von Schleifen genutzt werden.

Die Lösung der Aufgabe ergibt sich erfindungsgemäß durch die Merkmale der Verfahrensansprüche 1, 4 oder 7 bzw. durch die Merkmale des Anordnungsanspruchs 18.

Erfindungsgemäß ist vorgesehen, in Fällen wie dem beschriebenen Beispiel gemäß Figur 1, von der Verkehrsverteilung abzu- sehen und stattdessen den Netzknoten lokal ausführbare Regeln zu geben. Das Verkehrsverteilungsgewicht für die kritischen Alternativpfade, also den potentiellen Schleifen, wird auf den minimalen Wert, d.h. auf Null gesetzt. Die Pfade werden aber in der Routing-Tabelle geführt und als sogenannte "Joker-Links" bezeichnet. Außerdem verwenden die Knoten nun die Regel, dass sie die mit dem minimalen Verkehrsverteilungsgewicht versehenen Links nur dann verwenden, wenn der gewünschte Nachbar-Router bzw. Next Hop über keinen anderen Weg mehr erreichbar ist, der ein positives Gewicht hat. Diese einfache Erweiterung des Prinzips der rein zielbasierten Mehrwege-

Weiterleitung von Paketen behebt das Problem der kreisenden Pakete, solange nur ein Link ausfällt.

Der Vorteil des Verfahrens besteht darin, dass insbesondere
5 beim Multipath oder Mehrwege Routing ein Ersatzweg zur Verfügung gestellt werden kann, wobei keine Pakete im Netz kreisen. Das Verfahren arbeitet dabei ohne Berücksichtigung der Ursprungsadresse von Paketen und ohne netzweite Zustandsinformationen.

10

Vorteilhafte Weiterbildungen der Verfahren sind in den Unteransprüchen angegeben.

15

Dabei wird beispielsweise das Verkehrsverteilungsgewicht bei
Ausfall der primären Verbindung für den bzw. die Ersatzweg(e)
erhöht, so dass nun der Ersatzweg der neue Hauptweg ist.
Gleichzeitig wird, falls möglich, wenigstens ein neuer Ersatzweg ermittelt, der dann das minimale Verkehrsverteilungsgewicht (Null) erhält. Dies hat den Vorteil, dass die Routing-
20 Tabellen in den Netzknoten nicht zu groß werden.

25

Ausführungsbeispiele der Erfindung sind in der Zeichnung dargestellt und werden im folgenden beschrieben.

Dabei zeigen:

Figur 1 eine erste Anordnung zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens,

30

Figur 2 eine zweite Anordnung zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens,

35

Figur 3 eine dritte Anordnung zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens,

Figur 4 eine vierte Anordnung zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens,

Figur 5 eine Anordnung eines erfindungsgemäßen Netzknotens

5

Figur 1 zeigt die bereits einleitend beschriebene Anordnung eines Teiles eines paketvermittelnden Datennetzes.

10

Ausgehend von der dort beschriebenen Vorgehensweise ergeben sich nun für das erfindungsgemäße Verfahren die folgenden Einträge für das Ziel D in den Routing-Tabellen der Netzknoten R1 und R3:

In Knoten R1:

Ziel	Nächster Knoten	Gewicht
D	R2	1
D	R3	0

15

In Knoten R3:

Ziel	Nächster Knoten	Gewicht
D	R2	1
D	R1	0

20

Ein Paket, das am Netzknoten R1 zur Weiterleitung zum Ziel D ankommt, wird im Normalfall immer über die Verbindung L12 direkt an den Netzknoten R2 weitergegeben. Nur wenn der Netzknoten R1 feststellt, dass die Verbindung L12 ausgefallen ist, wird beispielsweise lokal das Verteilungsgewicht geändert, und weitere Pakete zum Ziel D werden an den Netzknoten R3 weitergegeben. Die Eintrag in der Routing-Tabelle des

25

In Knoten R1:

Ziel	Nächster Knoten	Gewicht
D	R3	1

Der Netzknoten R3 wiederum leitet die Pakete nur direkt über die Verbindung L32 an den Netzknoten R2 weiter, da er nach derselben Regel nur den Eintrag für das Ziel D in seiner Routing-Tabelle verwendet, der ein positives Gewicht trägt.

5

Nur wenn der Netzknoten R2 ausfällt bzw. beide Verbindungen L12 und L32 ausfallen können in diesem Beispiel Pakete für das Ziel D zwischen Netzknoten R1 und Netzknoten R3 hin- und hergesendet werden. In diesem Fall ist allerdings das Ziel D aus dem Netz heraus auch nicht mehr erreichbar.

10

Figur 2 zeigt eine Anordnung gemäß Figur 1 mit der Maßgabe, dass zwei weitere in Serie geschaltete Netzknoten bzw. Router R4 und R5 einen Pfad von Netzknoten R1 zu Netzknoten R2 ermöglichen, nämlich ausgehend vom Netzknoten R1 über die Verbindung L14 zum Netzknoten R4, von diesem über die Verbindung L45 zum Netzknoten R5 und von diesem wiederum mittels der Verbindung L52 zum Netzknoten R2.

15

Die Routing-Tabelle im Netzknoten R4 enthält für das Ziel D einen Eintrag zum Netzknoten R5 und dieser entsprechend einen Eintrag zum Netzknoten R2:

In Knoten R4:

Ziel	Nächster Knoten	Gewicht
D	R5	1

25

In Knoten R5:

Ziel	Nächster Knoten	Gewicht
D	R2	1

Der Pfad über Netzknoten R4 und Netzknoten R5 könnte als Ersatzweg nach dem Umschalte- bzw. Umroutvorgang im Netzknoten R1, für den Fall, dass die Verbindung L12 bereits ausgefallen ist, ermittelt bzw. berechnet werden. Die Einträge in der

30

Routing-Tabelle des Netzknotens R1 wären dann dementsprechend:

In Knoten R1:

Ziel	Nächster Knoten	Gewicht
D	R3	1
D	R4	0

5

Analog würde ein Paket für den Fall, dass die Verbindung L13 zwischen Netzknoten R1 und Netzknoten R3 ausfällt, nun von Netzknoten R1 über Verbindung L14 zum Netzknoten R4 und von dort über Verbindung L45, Netzknoten R5, Verbindung L52 zum
10 Netzknoten R2 weitergeleitet werden, wo es wiederum zum Ziel D gesendet wird.

Figur 3 zeigt eine Anordnung gemäß Figur 1 mit der Maßgabe, dass vom Netzknoten R1 eine Verbindung L16 zu einem Netzknoten R6 verläuft und von diesem eine Verbindung L62 zum Netzknoten R2.
15

Die Routing-Tabelle im Netzknoten R6 entspricht in analoger Weise der im Netzknoten R3 und wird hier nicht aufgeführt.

20 In diesem Beispiel ist die Verbindung L12 die primäre Verbindung, die durch zwei Ersatzwege, jeweils über Netzknoten R3 bzw. Netzknoten R6, gesichert ist. Beide Ersatzwege sind in der Routing-Tabelle des Netzknotens R1 eingetragen:

25 In Knoten R1:

Ziel	Nächster Knoten	Gewicht
D	R2	1
D	R3	0
D	R6	0

Fällt die Verbindung L12 aus, werden die Pakete über einen der beiden Netzknoten R3 bzw. R6 oder wahlweise, beispielsweise abwechselnd, über beide Netzknoten bzw. Ersatzwege
30 übertragen. Zudem könnte, falls vorhanden, ein weiterer Er-

11

satzweg berechnet werden, analog dem Beispiel zu Figur 2. Ebenso können die Verkehrsverteilungsgewichte neu vergeben werden, beispielsweise zu:

5 Knoten R1:

Ziel	Nächster Knoten	Gewicht
D	R3	0,5
D	R6	0,5

für die Nutzung beider Ersatzwege, oder:

Knoten R1:

Ziel	Nächster Knoten	Gewicht
D	R3	1
D	R6	0

10

für die Nutzung eines einzigen Ersatzweges, nämlich den über den Netzknoten R3.

- Figur 4 zeigt eine Anordnung gemäß Figur 2 und Figur 3 mit
 15 der Maßgabe, dass neben den Netzknoten R4, R5 und R6 nebst
 zugehörigen Verbindungen entsprechend Figur 2 und 3, drei
 weitere zwischen Netzknoten R1 und Netzknoten R2 in Serie ge-
 schaltete Netzknoten R7, R8, R9 mit zugehörigen Verbindungen
 L17, L78, L89 und L92 vorgesehen sind.
 20 Die Routing-Tabellen in diesen Netzknoten entsprechen in ana-
 loger Weise dem vorher Gesagten.

In diesem Fall wird der Verkehr zum Ziel D im Netzknoten R1
 über mehrere Wege aufgeteilt (Multipath Routing bzw. Mehrwege
 25 Routing), entsprechend folgender Routing-Tabelle im Netzkno-
 ten R1:

12

Knoten R1:

Ziel	Nächster Knoten	Gewicht
D	R2	0,5
D	R3	0,3
D	R6	0,2
D	R4	0

Dabei ist die Verbindung zum Netzknoten R4 der Ersatzweg bzw. "Joker-Link" entsprechend den vorangegangenen Beispielen.

- 5 Dieser wird erst nach Ausfall aller vorangegangenen Verbindungen, im Beispiel zu Netzknoten R2, Netzknoten R3 und Netzknoten R6 verwendet. Die Verkehrsverteilungsgewichte könnten dann entsprechend angepasst werden, beispielsweise zu:

10 Knoten R1:

Ziel	Nächster Knoten	Gewicht
D	R3	0,6
D	R6	0,4
D	R4	0

Bei Ausfall weiterer Verbindungen:

Knoten R1:

Ziel	Nächster Knoten	Gewicht
D	R3	1
D	R4	0

15

Währenddessen bzw. nach Ausfall der letzten primären Verbindung kann ein Ersatzweg, beispielsweise über die Netzknoten

13

R7, R8, R9 berechnet bzw. ermittelt werden, gemäß Beispiel zu Figur 2:

Knoten R1:

Ziel	Nächster Knoten	Gewicht
D	R4	1
D	R7	0

5

Ebenso könnte der Ersatzweg über Netzknoten R7 bereits von vornherein in die Routing Tabelle eingetragen werden, gemäß Beispiel zu Figur 3:

10

Knoten R1:

Ziel	Nächster Knoten	Gewicht
D	R2	0,5
D	R3	0,3
D	R6	0,2
D	R4	0
D	R7	0

Bei Ausfall einer oder aller primären Verbindungen können alle oder einzelne Ersatzwege verwendet werden, beispielsweise nach folgenden Routing-Tabelle:

15

Knoten R1:

Ziel	Nächster Knoten	Gewicht
D	R3	0,6
D	R6	0,2
D	R4	0
D	R7	0,2

14

oder:

Knoten R1:

Ziel	Nächster Knoten	Gewicht
D	R3	0,6
D	R6	0,2
D	R4	0,1
D	R7	0,2

5 oder:

Knoten R1:

Ziel	Nächster Knoten	Gewicht
D	R4	0,5
D	R7	0,5

Alle möglichen Kombinationen wären hier denkbar.

10

In den Ausführungsbeispielen können die Netzknoten Verbindungen zu weiteren nicht dargestellten Teilen des Datennetzes besitzen.

15 Ebenso können in den Verbindungen zwischen den Netzknoten Regeneratoren oder andere Netzelemente eingefügt sein.

Als paketvermittelndes Datennetz eignet sich für das beschriebene Verfahren insbesondere ein Internet Protokoll-Netz, kurz IP-Netz. Im Speziellen für die ausfallsichere Übertragung von Sprache über IP-Netze bzw. Voice over IP, kurz VoIP.

20

Das erfindungsgemäße Verfahren ist primär für Multipath Routing bzw. Mehrwege Weiterleitung in IP Netzen vorgesehen. Es kann auch für andere Routing Verfahren, wie Shortest Path o.ä. eingesetzt werden.

5

Figur 5 zeigt eine schematische Anordnung eines erfindungsgemäßen Netzknotens R. Dieser weist vier bidirektionale Zugänge bzw. Ports P1 bis P4 auf. Über diese Zugänge erhält der Netzknoten R Datenpakete aus einem nichtdargestellten paketvermittelnden Datennetz, ähnlich einem Netz gemäß Figur 1 bis 4, die er zum Ziel weiterleiten bzw. weitervermitteln oder senden muss. Der Netzknoten R enthält eine Routing Tabelle RT, deren Inhalt bei zwei verschiedenen Zuständen als Routing Tabelle RT1 und Routing Tabelle RT2 dargestellt ist. Die Routing Tabelle RT weist drei Spalten auf. Die Spalte Z enthält einen Eintrag eines Zieles bzw. eines Zielknotens, im Beispiel das Ziel D. Die Spalte P enthält einen Eintrag über den nächsten Knoten oder den entsprechenden Zugang bzw. Port, über den das Ziel erreichbar ist. Im Beispiel sind die Ports P2 und P3 als Ausgänge zum Ziel D eingetragen. Die Spalte G enthält das für den Weg vorgesehene Verkehrsverteilungsgewicht.

Der Netzknoten arbeitet bspw. nach folgender Vorgehensweise. Ein Datenpaket enthält eine Zieladresse. Kommt ein Datenpaket im Netzknoten bzw. Router an, wird aus dem Datenpaket die Zieladresse ermittelt. Die ermittelte Zieladresse wird mit den Zieladresseinträgen in der Routing Tabelle verglichen. Aus der Routing Tabelle wird der entsprechende Ausgang bzw. Nächste Knoten ermittelt, an dem bzw. über den das Paket ausgesendet wird. Beispielsweise wird gemäß Routing Tabelle RT1 ein Datenpaket für das Ziel D über den Zugang bzw. Port P2 weitergesendet.

Das Ziel D ist in der ersten Routing Tabelle RT1 über die Zugänge P2 und P3 erreichbar. Erfindungsgemäß wird dem ersten bzw. primären Weg, der in diesem Fall über Port 2 führt, das

maximale Verkehrsverteilungsgewicht, z.B. 1 oder 100% zugewiesen. Der zweite bzw. sekundäre Weg erhält als Ersatzweg das minimale Verkehrsverteilungsgewicht, z.B. 0 oder 0%. D.h. er wird in der Routing Tabelle geführt, aber keine Datenpakete bzw. kein Verkehr über ihn ausgesendet.

Es kann auch eine andere Verkehrsverteilung über gegebenenfalls vorhandene andere Zugänge bzw. Ports erfolgen, analog den Beispielen zu Figur 1 bis 4.

10

Fällt im Beispiel der erste Weg über Zugang P2 aus, wird der zweite Weg über Zugang P3 verwendet, d.h. Datenpakete die vorher zum Ziel D über P2 gesendet wurden, werden nun über P3 zum Ziel D gesendet. Dies kann bspw. dadurch geschehen, dass der Eintrag für Zugang P2 aus der Routing Tabelle RT entfernt wird und der zweite Weg über Zugang P3 das maximale Verkehrsverteilungsgewicht erhält, wie in Routing Tabelle RT2 dargestellt. Die Erkennung eines Ausfalls einer Verbindung bzw. eines Weges und die Löschung der entsprechenden Einträge in der Routing Tabelle, sowie das Umlenken der Datenpakete zu einem anderen Zugang bzw. Port kann durch dem Fachmann bekannte Mechanismen erfolgen, die Stand der Technik sind. Zudem kann durch bekannte Mechanismen ein Ersatzweg ermittelt werden, in diesem Fall über Zugang P4, der in die Routing Tabelle mit minimalen Verkehrsverteilungsgewicht eingetragen wird, entsprechend dem unteren Eintrag in Routing Tabelle RT2.

Die Routing Tabelle RT kann weitere Einträge zum gleichen oder anderen Zielen enthalten.

30

Als weitere Ausgestaltung kann ein Netzknoten grundsätzlich die Regel verwenden, dass er Pakete nicht auf derselben Verbindung zurückschickt, auf dem er sie empfangen hat. Diese Regel kann auch Knoten- statt Verbindungs- bzw. Link-bezogen eingesetzt werden: Ein Netzknoten schickt Pakete nicht zu demselben Netzknoten zurück, von dem er sie empfangen hat.

35

Verkehrsverteilungsgewichte können auch aus anderen Gründen auf Null gesetzt werden als zur Vermeidung von Schleifen im Normalbetrieb, d.h. ohne Linkausfall. Es kann z.B. sinnvoll
5 sein, eine Verkehrsverteilung auf kurze Wege zu beschränken, so dass keine Netzkapazität durch Führen von Paketen auf Umwegen verschwendet wird.

Das Ändern bzw. Hochsetzen des Verteilungsgewichtes für einen
10 Verbindung oder Pfad bzw. die Änderung des/der Hauptpfade kann, außer nach einem lokal erkannten Linkausfall, auch nach der Meldung eines Linkausfalls an anderer Stelle, durch ein anderes Protokoll, erfolgen. Dies könnte z.B. eine Meldung von einem Nachbarknoten sein, die angibt, dass er für ein ge-
15 gebenes Ziel keinen direkten Weg mehr hat. Daraufhin können einzelne oder alle Netzknoten eine Neuberechnung ihrer Wege zu bestimmten bzw. allen Zielen durchführen.

Eine Modifikation des Verfahrens könnte darin bestehen, dass
20 Verbindungen bzw. Pfade bereits dann genutzt werden, wenn bestimmte andere Wege nicht mehr verfügbar sind, die für potentielle Schleifen verantwortlich sind. Die Routing-Tabelle kann dann weitere Einträge enthalten, die angeben, welche Verbindungen ausgefallen sein müssen, damit das Verkehrsver-
25 teilungsgewicht für eine Verbindung auf einen Wert größer als Null gesetzt wird. Zusätzlich könnte die Tabelle für diesen Fall auch noch das dann zu verwendende Verkehrsverteilungsgewicht enthalten.

30 Das beschriebene Verfahren ist in gleicher Weise einsetzbar und einfach realisierbar, wenn mehr als zwei Netzknoten vor dem letzten Netzknoten zur Auswahl stehen. Auch in diesem Fall ist es sinnvoll, das Verfahren einzusetzen, da das zugrundeliegende Schleifenproblem auch in diesem Fall - wenn
35 auch nicht so offensichtlich - existiert.

Das beschriebene Verfahren kann in gleicher Weise an anderen Stellen im Netz eingesetzt werden, an denen sich das Problem ergibt, das unter Berücksichtigung der Schleifenfreiheit keine Verkehrsverteilung auf mehrere Pfade möglich ist.

5

Das Verfahren ist nicht auf eine verteilte Steuerung in jedem Netzknoten beschränkt. Es kann ein zentrales Netzmanagement vorgesehen sein, das jeweils aktualisierte Routing Tabellen oder Routing Informationen an jeden Netzknoten verteilt. Dies kann auch im Störfall, d.h. bei Ausfall von Verbindungen bzw. Übertragungswegen angewendet bzw. eingesetzt werden. Das Verfahren ist unabhängig von zentralem oder dezentral verteilten Netzwerkmanagement bzw. Routing Management einsetzbar.

10

15

Abschließend kann gesagt werden, dass das Setzen von Verteilungsgewichten auf Null in Routing-Tabellen eine schnelle lokale Reaktion auf Fehler ermöglicht und gleichzeitig kreisende Pakete verhindert.

20

Durch die in den Netzknoten lokal verwendete Entscheidungsregel - Hochsetzen des Verkehrsverteilungsgewichtes bei Ausfall eines Links oder bei entsprechenden Fehlerbedingungen - wird eine schnelle Reaktion ermöglicht, ohne dass vorher Ersatzpfade konfiguriert werden müssen oder eine Kommunikation zwischen Netzknoten nötig wäre.

25

Patentansprüche

1. Verfahren zum Routing von Datenpaketen mit einer Zieladresse in einem paketvermittelnden Datennetz, bei dem für wenigstens einen Netzknoten in einer ihm zugeordneten Routing-Tabelle für einzelne Zieladressen ein erster und zweiter Übertragungsweg mit jeweiligen Verkehrsverteilungsgewichten zugeordnet ist, welche die jeweilige zugewiesene Verkehrslast pro Übertragungsweg angeben,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,
dass jeweils dem ersten Übertragungsweg das maximale Verkehrsverteilungsgewicht und dem zweiten Übertragungsweg das minimale Verkehrsverteilungsgewicht zugeordnet wird, derart dass Datenpakete im ungestörten Betrieb über den ersten Übertragungsweg und bei dessen Störung über den zweiten Übertragungsweg weitergeleitet werden.
2. Verfahren nach Anspruch 1,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,
dass bei Ausfall des ersten Übertragungsweges der zweite Übertragungsweg das maximale Verkehrsverteilungsgewicht erhält.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,
dass bei Ausfall des ersten Übertragungsweges ein dritter Übertragungsweg berechnet wird, der das minimale Verkehrsverteilungsgewicht erhält.
4. Verfahren zum Routing von Datenpaketen mit einer Zieladresse in einem paketvermittelnden Datennetz, bei dem für wenigstens einen Netzknoten in einer ihm zugeordneten Routing-Tabelle für einzelne Zieladressen mindestens ein erster, zweiter und weiterer Übertragungsweg mit jeweiligen Verkehrsverteilungsgewichten zugeordnet ist, welche die jeweilige zugewiesene Verkehrslast pro Übertragungsweg angeben,

20

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,
dass dem ersten Übertragungsweg das maximale Verkehrsverteilungsgewicht und dem zweiten und weiteren Übertragungsweg jeweils das minimale Verkehrsverteilungsgewicht zugeordnet
5 wird, derart dass Datenpakete im ungestörten Betrieb über den ersten Übertragungsweg und bei dessen Störung über wenigstens einen der anderen Übertragungswege weitergeleitet werden.

5. Verfahren nach Anspruch 4,

10 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,
dass bei Ausfall des ersten Übertragungsweges wenigstens ein anderer Übertragungsweg ein vom minimalen Verkehrsverteilungsgewicht abweichendes Verkehrsverteilungsgewicht erhält.

15 6. Verfahren nach Anspruch 4 oder 5,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,
dass bei Ausfall des ersten Übertragungsweges mindestens ein zusätzlicher Übertragungsweg berechnet wird, der das minimale Verkehrsverteilungsgewicht erhält.

20

7. Verfahren zum Routing von Datenpaketen mit einer Zieladresse in einem paketvermittelnden Datennetz, bei dem für wenigstens einen Netzknoten in einer ihm zugeordneten Routing-Tabelle für einzelne Zieladressen mindestens ein erster,
25 zweiter und wenigstens ein weiterer Übertragungsweg mit jeweiligen Verkehrsverteilungsgewichten zugeordnet ist, welche die jeweilige zugewiesene Verkehrslast pro Übertragungsweg angeben,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,

30 dass mindestens einem Übertragungsweg mindestens einer Zieladresse das minimale Verkehrsverteilungsgewicht zugeordnet wird und dieser Übertragungsweg erst bei Ausfall wenigstens eines Teils aller anderen Übertragungswege dieser Zieladresse zur Übertragung von Datenpaketen verwendet wird.

35

8. Verfahren nach Anspruch 7,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,

dass bei Ausfall wenigstens eines Teiles der Übertragungswege mit vom minimalen Verkehrsverteilungsgewicht abweichenden Werten der wenigstens eine Übertragungsweg mit minimalem Verkehrsverteilungsgewicht ein davon abweichendes Verkehrsverteilungsgewicht erhält.

9. Verfahren nach Anspruch 7 oder 8,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, .

dass bei Ausfall wenigstens eines Teils der Übertragungswege

mit vom minimalen Verkehrsverteilungsgewicht abweichenden Werten mindestens ein weiterer Übertragungsweg berechnet wird, der das minimale Verkehrsverteilungsgewicht erhält.

10. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, .

dass ein Netzknoten so gesteuert wird, dass der Übertragungsweg, auf dem ein Netzknoten ein Datenpaket empfängt, für die Rückübertragung des selben Datenpaketes gesperrt wird.

11. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, .

dass im paketvermittelnden Datennetz ein Multipath Routing Verfahren respektive Mehrwege Weiterleitungsverfahren angewendet wird.

12. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, .

dass als paketvermittelndes Datennetz ein nach dem Internet Protokoll betriebenes Netz verwendet wird.

13. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, .

dass wenigstens der Ausfall des ersten Übertragungsweges eines Netzknotens an wenigstens einen weiteren Netzknoten

übermittelt wird.

14. Verfahren nach Anspruch 13,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,
dass die Übermittlung mittels eines Protokolls erfolgt.

15. Verfahren nach Anspruch 13 oder 14,

5 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,
dass in wenigstens einem weiteren Netzknotens eine Neuberechnung mindestens eines Übertragungsweges mindestens einer Zieladresse durchgeführt wird.

10 16. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,
dass den in der Routing Tabelle eingetragenen Übertragungswegen mit minimalem Verkehrsverteilungsgewicht mindestens ein weiteres Verkehrsverteilungsgewicht zugeordnet wird, dass bei
15 Störung eines Übertragungsweges verwendet wird.

17. Verfahren nach Anspruch 16,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,
dass den in der Routing Tabelle eingetragenen weiteren Verkehrsverteilungsgewichten jeweils ein Übertragungsweg zugeordnet wird und dieses Verkehrsverteilungsgewicht bei Ausfall
20 des zugeordneten Übertragungsweges verwendet wird.

18. Netzknoten für ein paketvermittelndes Datennetz, der eine
25 Routing-Tabelle für Einträge von Zieladressen aufweist, denen Übertragungswege und Verkehrsverteilungsgewichte zugeordnet sind, wobei wenigstens zwei Wege pro Zieladresse vorgehalten sind,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,
30 dass die Routing-Tabelle in der Weise aufgebaut ist, dass mindestens einem Übertragungsweg einer Zieladresse das minimale Verkehrsverteilungsgewicht zugeordnet ist und mindestens ein anderer Übertragungsweg ein vom minimalen Verkehrsverteilungsgewicht abweichendes Verkehrsverteilungsgewicht aufweist
35 und dass der Router derart steuerbar ist, dass bei Störung mindestens eines Teils der Wege mit einem vom minimalem Verkehrsverteilungsgewicht abweichenden Verkehrsverteilungsge-

wicht die Übertragung mindestens eines Teils der Pakete über den Weg mit minimalem Verkehrsverteilungsgewicht erfolgt.

1/3

FIG 1

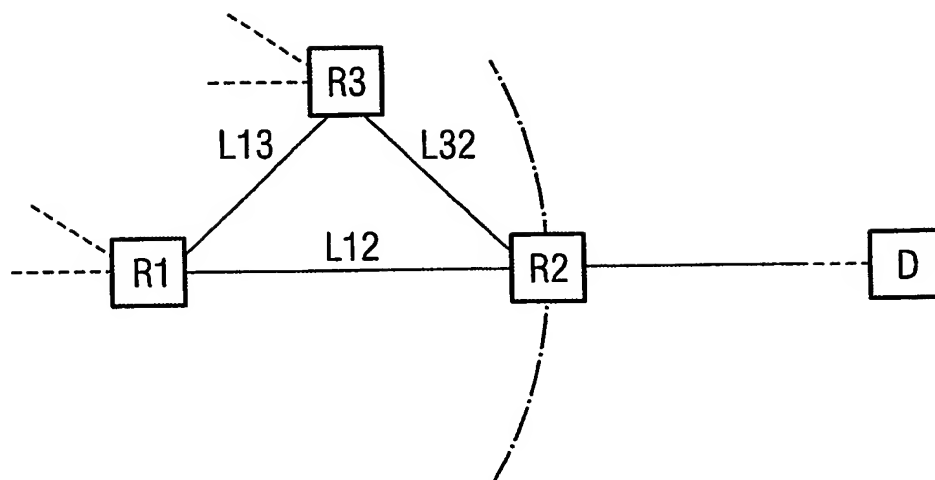


FIG 2

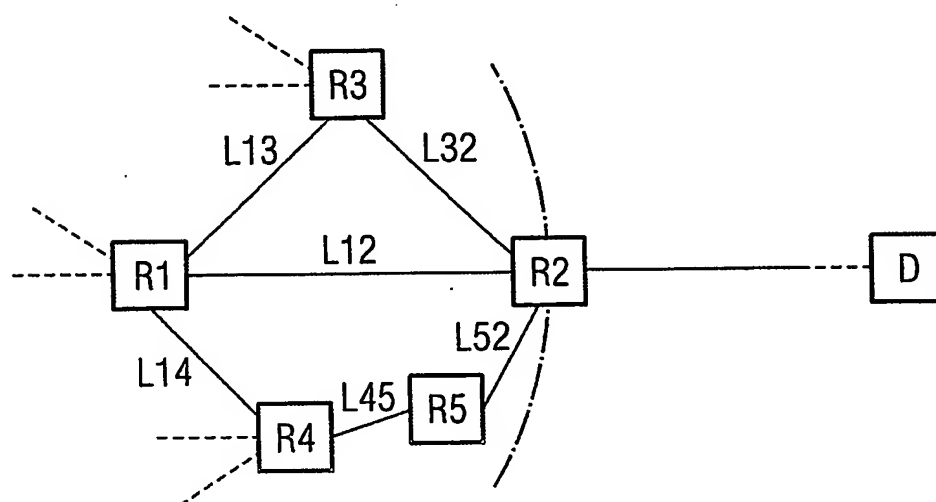


FIG 3

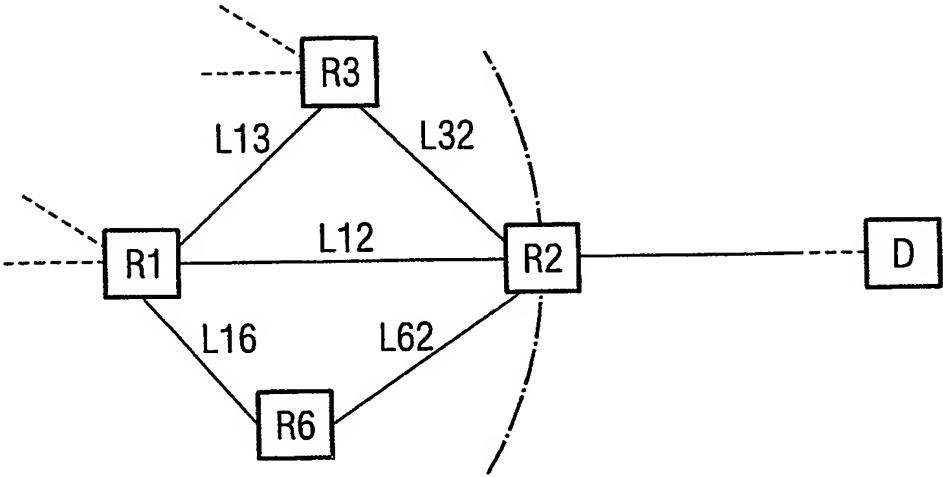


FIG 4

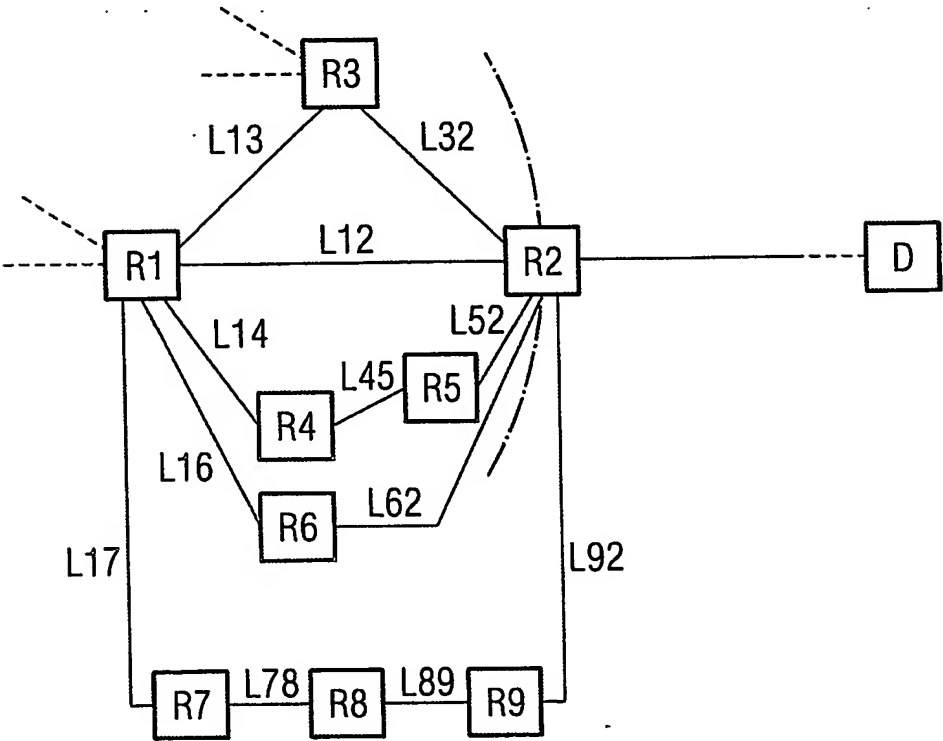
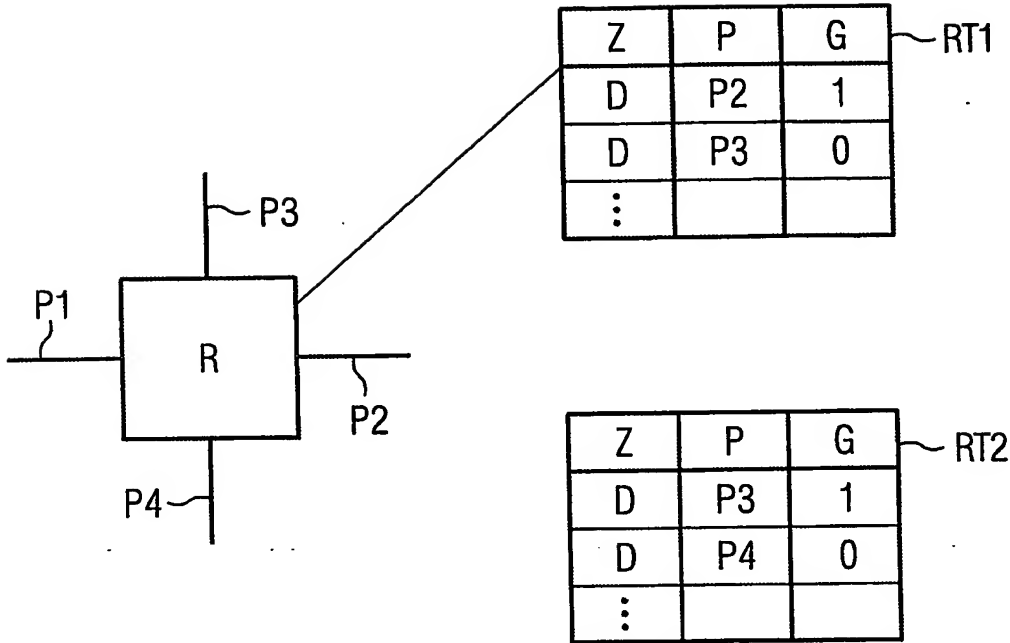


FIG 5



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/DE 03/00912

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
 IPC 7 H04L12/56 H04L29/14

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 H04L

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the International search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ, INSPEC, IBM-TDB, COMPENDEX

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	EP 1 261 178 A (CIT ALCATEL) 27 November 2002 (2002-11-27) paragraph '0013! - paragraph '0014!; figure 2B	1-18
A	EP 1 052 859 A (SIEMENS AG) 15 November 2000 (2000-11-15) abstract figure 3C	1-18

☐ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents :

A document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

E earlier document but published on or after the international filing date

L document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

O document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

P document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

T later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

X document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

Y document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

Z document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

17 October 2003

Date of mailing of the international search report

24/10/2003

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
 NL - 2280 HV Rijswijk
 Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
 Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Hardelin, T

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/DE 03/00912

Patent document cited in search report		Publication date		Patent family member(s)	Publication date
EP 1261178	A	27-11-2002	US	2003002443 A1	02-01-2003
			EP	1261178 A2	27-11-2002
EP 1052859	A	15-11-2000	EP	1052859 A1	15-11-2000

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/DE 03/00912

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
IPK 7 H04L12/56 H04L29/14

Nach der internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierte Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
IPK 7 H04L

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ, INSPEC, IBM-TDB, COMPENDEX

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	EP 1 261 178 A (CIT ALCATEL) 27. November 2002 (2002-11-27) Absatz '0013! - Absatz '0014!; Abbildung 2B	1-18
A	EP 1 052 859 A (SIEMENS AG) 15. November 2000 (2000-11-15) Zusammenfassung Abbildung 3C	1-18



Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen



Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

A Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

E Älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

L Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

O Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

P Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

T Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

X Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderscher Tätigkeit beruhend betrachtet werden

Y Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderscher Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

Z Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

17. Oktober 2003

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

24/10/2003

Name und Postanschrift der internationalen Recherchenbehörde
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Hardelin, T

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationaler Aktenzeichen

PCT/DE 03/00912

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
EP 1261178	A	27-11-2002	US	2003002443 A1	02-01-2003
			EP	1261178 A2	27-11-2002
EP 1052859	A	15-11-2000	EP	1052859 A1	15-11-2000